

Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/NL05/000021

International filing date: 14 January 2005 (14.01.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: NL
Number: 1025267
Filing date: 16 January 2004 (16.01.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 11 March 2005 (11.03.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

KONINKRIJK DER

NEDERLANDEN



Bureau voor de Industriële Eigendom



Hierbij wordt verklaard, dat in Nederland op 16 januari 2004 onder nummer 1025267,
ten name van:

RÖNTGEN TECHNISCHE DIENST B.V.

te Rotterdam en

TECHNISCHE UNIVERSITEIT DELFT

te Delft

een aanvraag om octrooi werd ingediend voor:

"Werkwijze en inrichting voor het vanaf een oppervlak van een voorwerp zoals een pijpleiding of een menselijk lichaam onderzoeken van het inwendige materiaal van het voorwerp met behulp van ultrasoon geluid",

en dat de hieraan gehechte stukken overeenstemmen met de oorspronkelijk ingediende stukken.

Rijswijk, 14 februari 2005

De Directeur van het Bureau voor de Industriële Eigendom,
voor deze,

Mw. D.L.M. Brouwer

1025267

B. v. d. I.E.

16 JAN. 2004

UITTREKSEL

Werkwijze voor het vanaf een oppervlak van een voorwerp zoals een pijpleiding of een menselijk lichaam onderzoeken van het inwendige materiaal van het voorwerp met behulp van ultrasoon geluid met een frequentie van tenminste 100 KHz, waarbij het ultrasoon geluid aan het inwendige materiaal van het voorwerp wordt toegevoerd. De reflecties en/of diffracties van het ultrasoon geluid vanuit het inwendige materiaal van het voorwerp worden ontvangen met behulp van ultrasone ontvangers die akoestisch met het oppervlak van het voorwerp zijn gekoppeld op posities die, eventueel op verschillende tijdstippen, in twee dimensies van het oppervlak van het voorwerp verspreid liggen, waarbij met elk van de tasters een ontvangstsignaal wordt gegenereerd waarbij de ontvangstsignalen in combinatie worden verwerkt om volgens het principe van inverse golfextrapolatie te bepalen waar in het inwendige materiaal van het voorwerp reflecties en/of diffracties van het ultrasoon geluid optreden.

JHK

B. v. d. I.E.

16 JAN. 2004

1025267

CMJ/P66594NL00

Titel: Werkwijze en inrichting voor het vanaf een oppervlak van een voorwerp zoals een pijpleiding of een menselijk lichaam onderzoeken van het inwendige materiaal van het voorwerp met behulp van ultrasoon geluid.

De uitvinding heeft betrekking op een werkwijze voor het vanaf een oppervlak van een voorwerp zoals een pijpleiding of een menselijk lichaam onderzoeken van het inwendige materiaal van het voorwerp met behulp van ultrasoon geluid met een frequentie van tenminste 100 KHz , waarbij het

5 ultrasoon geluid aan het inwendige materiaal van het voorwerp wordt toegevoerd.

De uitvinding heeft tevens betrekking op een systeem voor het voor het vanaf een oppervlak van een voorwerp zoals een pijpleiding of een menselijk lichaam onderzoeken van het inwendige materiaal van het

10 voorwerp met behulp van ultrasone geluid met een frequentie van tenminste 100 KHz , waarbij het systeem is voorzien van tenminste een zender voor het toevoeren van het ultrasone geluid aan het inwendige materiaal van het voorwerp, een veelvoud van ultrasone ontvangers voor het ontvangen van reflecties en/of diffracties van het ultrasone geluid vanuit 15 het inwendige materiaal van het voorwerp en signaalverwerkingsmiddelen voor het verwerken van ontvangstsignalen die respectievelijk afkomstig zijn van de ultrasone ontvangers.

Een dergelijke werkwijze en inrichting zijn op zich bekend. Zo wordt de bekende werkwijze en inrichting onder meer toegepast bij het niet-20 destructief onderzoek van een rondlas die pijpleidingen met elkaar verbindt. Dergelijke technieken worden vanaf ca. 1970 toegepast. Hierbij wordt de transducent (of een stelsel van transducenten) over het materiaal bewogen, waarbij amplitude en soms ook looptijd worden gebruikt voor het genereren van eenvoudige grafische displays. In die begintijd werd daarvoor een 25 zogenoamde facsimile recorder gebruikt, de voorloper van de fax, die destijds werd gebruikt voor het overseinen van krantenfoto's.

8/II

De techniek die momenteel wordt gebruikt voor gемechaniseerd ultrasoon onderzoek van lassen is nog steeds dezelfde als in die tijd, al zijn in verband met de introductie van de computer de mogelijkheden voor het maken van een grafisch display uiteraard sterk uitgebreid. Bij pulsecho-

5 onderzoek worden de gegenereerde plaatjes nog steeds samengesteld uit een serie eendimensionale metingen, waarbij hetzij de amplitude, hetzij de looptijd vertaald wordt in intensiteiten of kleuren. Op die wijze kunnen door een computer diverse aanzichten van bijvoorbeeld een las worden gegenereerd. Nadeel is hierbij echter, dat de getoonde indicaties van

10 eventueel aanwezige afwijkingen in bijvoorbeeld een las een beperkte relatie hebben met de werkelijke grootte, vorm en oriëntatie van die afwijkingen.

Bij een dergelijk onderzoek aan lassen worden steeds hogere eisen gesteld aan de betrouwbaarheid en de nauwkeurigheid van het gebruikte

15 niet-destructief onderzoek (NDO methode). Dit wordt vooral veroorzaakt door de wens om steeds kleinere defecten te kunnen vinden, met name in off-shore leidingen zoals risers, die de verbinding vormen tussen off-shore platforms en installaties op de zeebodem. Deze leidingen worden op vermoeiing belast waardoor een kleine lasfout al een scheurinitiatie kan

20 vormen die tot ernstige ongevallen (bijvoorbeeld het verlies van een platform en mensenlevens) en ecologische schade kan leiden. Mede daarom worden in de regelgeving de aanvaardbaarheidscriteria voor lasfouten steeds meer gekoppeld aan breukmechanische berekeningen, waardoor ook de eisen die aan de NDO-methode worden gesteld om de grootte van

25 eenmaal gedetecteerde defecten te kunnen meten, steeds zwaarder worden.

Het huidige gемechaniseerde ultrasoon onderzoek vormt nog teveel een beperking om aan de toekomstige regelgeving te voldoen. Dit is vooral het gevolg van het feit dat het onderzoek tot nu toe wordt uitgevoerd met behulp van een reeks eendimensionale metingen (vastleggen van de

30 amplitude en looptijd van de ultrasone reflecties uit de las, gerelateerd aan

referentiereflectoren). Met behulp van deze parameters is slechts voor bepaalde defecttypen een redelijk betrouwbare detectie en groottebepaling mogelijk. Hierdoor is dan wel a priori kennis van typen, plaats en oriëntatie van deze lasdefecten nodig. De overige lasdefecten worden minder

5 betrouwbaar gedetecteerd en gemeten.

De bekende werkwijze en inrichting worden ook wel toegepast voor het onderzoeken van een menselijk lichaam. Hierbij kan worden gedacht aan het maken van een ultrasone afbeelding van een foetus (echoscopie). De bekende inrichting is hiertoe voorzien van een eendimensionale array van

10 ultrasone zend- en ontvangelementen. Elk element kan zowel fungeren als zender als ontvanger. Met behulp van de ultrasone elementen wordt een, in een vlak scannende geluids bundel gegenereerd (een 'zoeklicht'). Door de inrichting vervolgens langs het lichaam te bewegen kan de foetus of delen daarvan vanuit verschillende invalshoeken worden bekeken. De inrichting

15 verschaft derhalve een tweedimensionaal beeld, namelijk een dwarsdoorsnede van de foetus. De dwarsdoorsnede correspondeert met het vlak waarin de scannende geluids bundel wordt gegenereerd. De reflecties van de bundel worden gedetecteerd en afgebeeld op een display. Hierbij worden een aantal dwarsdoorsneden naast elkaar afgebeeld voor het

20 verkrijgen van een (semi) 3D-weergave. Bij deze bekende inrichting en methode wordt een redelijke resolutie verkregen in de richting van de array terwijl de resolutie in een richting loodrecht op de array relatief slecht is.

Ook dit is in principe een eendimensionale afbeeldingstechniek, al wordt door middel van filters en correlatiemethoden een redelijk 25 natuurgetrouw plaatje verkregen.

De uitvinding beoogt een werkwijze en inrichting te verschaffen met een verbeterde resolutie ten opzichte van de bekende werkwijze en inrichting.

De werkwijze volgens de uitvinding wordt hiertoe gekenmerkt in 30 dat reflecties en/of diffracties van het ultrasoon geluid vanuit het inwendige

materiaal van het voorwerp worden ontvangen met behulp van ultrasone ontvangers die akoestisch met het oppervlak van het voorwerp zijn gekoppeld op posities die, eventueel op verschillende tijdstippen, in twee dimensies van het oppervlak van het voorwerp verspreid liggen, waarbij

5 met elk van de tasters een ontvangstsignaal wordt gegenereerd waarbij de ontvangstsignalen in combinatie worden verwerkt om volgens het principe van inverse golfextrapolatie te bepalen waar in het inwendige materiaal van het voorwerp reflecties en/of diffracties van het ultrasoon geluid optreden.

Volgens de uitvinding worden ontvangstsignalen in combinatie

10 verwerkt die afkomstig zijn van ultrasone ontvangers die in twee dimensies verspreid over het oppervlak van het voorwerp liggen. Op basis van de ontvangstsignalen kan het gedetecteerde golfveld met behulp van de inverse golfveldextrapolatie worden teruggevolgd naar de positie waar het vandaan kwam, met name de posities van virtuele bronnen die ontstaan door

15 reflecties en/of diffracties van het aan het materiaal toegevoerde ultrasone geluid. In het geval van een onderzoek van een las van een pijpleiding kan een virtuele bron de positie van een lasdefect zijn. In geval van een menselijk lichaam kan een virtuele bron zijn bepaald door de structuur van het lichaam. De ontvangstsignalen zijn het uitgangspunt van de inverse

20 golfveldextrapolatie. Op basis van de ontvangstsignalen kan de tijd wiskundig gezien worden omgekeerd of geïnverteerd. Het gedetecteerde golfveld wordt met de inversie golftheorie teruggevolgd naar de positie waar het vandaan kwam, namelijk de positie van de genoemde virtuele bronnen. De golftheorie houdt rekening met zowel amplitude als de looptijd van het signaal. Het

25 proces van het terugvolgen van het gemeten golfveld heet de inverse golfveldextrapolatie. Het resultaat geeft de driedimensionale posities, vorm en grootte van de virtuele bronnen waarbij elke vorm, grootte en positie van een virtuele bron in feite wordt bepaald door de positie van een verzameling puntbronnen waaruit een virtuele bron is opgebouwd.

Omdat volgens de uitvinding ontvangstsignalen worden verwerkt die afkomstig zijn van ultrasone ontvangers die in twee dimensies over het oppervlak van het voorwerp zijn verspreid, is er een resolutie haalbaar die in alle richtingen min of meer gelijk is. Bovendien kan aldus een werkelijke 5 driedimensionale afbeelding van het inwendige materiaal van het voorwerp worden verkregen.

In geval dat op deze wijze een las van een pijpleiding wordt onderzocht kan informatie worden verkregen over de positie, vorm en grootte van een eventueel defect. Een defect vormt immers een virtuele bron 10 en daarmee een verzameling van virtuele puntbronnen waarvan de posities door de positie, vorm en grootte van het defect zijn bepaald. Ook kan informatie worden verkregen over de aard van het defect. Zo kan bijvoorbeeld bij een las van een leiding die een holte en daarmee een defect 15 omvat worden bepaald of de holte is gevuld met lucht, vloeistof of koper. De genoemde informatie vormt in feite dus een driedimensionale afbeelding van het onderzochte materiaal.

In het bijzonder geldt dat de ultrasone ontvangers volgens een eendimensionale array ten opzichte van elkaar zijn gerangschikt waarbij de 20 eendimensionale array op bekende wijze langs het oppervlak wordt verplaatst voor het verkrijgen van ontvangstsignalen die afkomstig zijn van de ultrasone ontvangers die in twee dimensies over het oppervlak verspreid liggen. Door de eendimensionale array langs het oppervlak te verplaatsen kunnen toch ontvangstsignalen worden verkregen die afkomstig zijn van in 25 twee dimensies over het oppervlak van het voorwerp verspreid gelegen ultrasone ontvangers.

Het is echter eveneens mogelijk dat de ultrasone tasters volgens een tweedimensionale array ten opzichte van elkaar zijn gerangschikt. In dat geval behoeven de ultrasone tasters niet noodzakelijkerwijs te worden 30 verplaatst voor het verkrijgen van een driedimensionale afbeelding.

In het bijzonder geldt dat het ultrasone geluid dusdanig aan het voorwerp wordt toegevoerd dat een ruimte die het te onderzoeken inwendige materiaal omvat volledig wordt gevuld met het ultrasone geluid.

Het systeem volgens de uitvinding is gekenmerkt in dat het systeem dusdanig is ingericht dat, in gebruik, de ultrasone ontvangers akoestisch met het oppervlak van het voorwerp zijn gekoppeld op posities die, eventueel op verschillende tijdstippen, in twee dimensies van het oppervlak van het voorwerp verspreid liggen, waarbij, in gebruik, met elk van de ultrasone ontvangers een ontvangstsignaal wordt gegenereerd waarbij de signaalverwerkingsmiddelen zijn ingericht om de ontvangstsignalen die afkomstig zijn van de ultrasone ontvangers in combinatie te verwerken volgens het principe van inverse golfextrapolatie ten einde te bepalen waar in het inwendige materiaal van het voorwerp reflecties en/of diffracties van het ultrasoon geluid optreden.

15 De uitvinding zal thans nader worden toegelicht aan de hand van de tekening.

Hierin toont:

20 Fig. 1a een dwarsdoorsnede in axiale richting van twee delen van een pijpleiding die middels een las aan elkaar zijn bevestigd alsmede een inrichting volgens de uitvinding voor het uitvoeren van een werkwijze volgens de uitvinding;

Fig. 1b een dwarsdoorsnede in radiale richting van de pijpleiding volgens figuur 1a tezamen met de in figuur 1a getoonde inrichting volgens de uitvinding;

25 Fig. 2a een dwarsdoorsnede in axiale richting van twee delen van een pijpleiding die middels een las aan elkaar zijn bevestigd, alsmede een tweede uitvoeringsvorm van een inrichting volgens de uitvinding voor het uitvoeren van een werkwijze volgens de uitvinding;

30 Fig. 2b een dwarsdoorsnede in radiale richting van een deel van de pijpleiding volgens figuur 2a tezamen met de inrichting volgens figuur 2a.

Fig. 3a een zijaanzicht van een deel van een menselijk lichaam
tesamen met een derde uitvoeringsvorm van een inrichting volgens de
uitvinding voor het uitvoeren van een werkwijze volgens de uitvinding; en

5 Fig. 3b een bovenaanzicht van een deel van de inrichting van
figuur 3a in een richting van de pijl P van figuur 3a.

In figuur 1a is met referentienummer 1 een voorwerp aangegeven
dat een eerste pijpleiding 2 en een tweede pijpleiding 4 omvat alsmede een
rondlopende las 6 waarmee de eerste pijpleiding 2 en de tweede pijpleiding 4
met elkaar zijn verbonden. Elke pijpleiding is voorzien van een
10 buitenoppervlak 8 en een binnenoppervlak 10 waartussen zich inwendig
materiaal 12 bevindt. De rondlopende las 6 is eveneens voorzien van
inwendig materiaal 12.

De figuren 1a en 1b tonen voorts een systeem 14 voor het vanaf een
oppervlak van een voorwerp, in dit voorbeeld vanaf het buitenoppervlak 8
15 van de pijpleidingen 2,4 en een buitenoppervlak 8 van de las 6 onderzoeken
van het inwendige materiaal 12 van het voorwerp 1, met name dat deel van
het voorwerp dat de las 6 omvat. Het systeem 14 is voorzien van een aantal
ultrasone ontvangers 16.i ($i=1,2,3,\dots,n$) die ten opzichte van elkaar zijn
gerangschikt volgens een eendimensionale array. Deze array strekt zich in
20 axiale richting van de pijpleidingen 2,6 uit. Het getal n is hierbij een
natuurlijk getal dat groter of gelijk is aan 2. Een praktische waarde is
bijvoorbeeld n=36. Het systeem is voorts voorzien van ten minste één zender
 voor het toevoeren van ultrasoon geluid aan het inwendige materiaal 12 dat
dient te worden onderzocht. In dit voorbeeld is elke ultrasone ontvanger 16.i
25 eveneens uitgevoerd als een ultrasone zender 16.i. De ultrasone zend- en
ontvangelementen 16.i, die hier ook wel worden aangeduid als ultrasone
tasters 16.i, zijn respectievelijk via leidingen 20.i met
signaalverwerkingsmiddelen 22 verbonden. Het systeem 14 is voorts
voorzien van op zich bekende transportmiddelen 24 die in figuur 1b
30 schematisch zijn aangeduid om de eendimensionale array van ultrasone

zend- en ontvangelementen 16.i in radiale richting rondom het voorwerp 1 te bewegen.

De werking van het systeem is als volgt. Met behulp van bijvoorbeeld alle ultrasone zend- en ontvangelementen 16.i wordt op 5 gepulste wijze ultrasoon geluid aan het inwendige materiaal 12 van het voorwerp 1 toegevoerd. De ultrasone zend- en ontvangelementen zijn hiertoe akoestisch gekoppeld met het inwendige materiaal. In de praktijk kan dit worden gerealiseerd door een vloeistoffilm op het buitenoppervlak van het voorwerp aan te brengen waarbij de ultrasone zend- en ontvangelementen tegen het oppervlak van het voorwerp 1 wordt aangelegd. Het ultrasone geluid dat wordt toegevoerd heeft een frequentie die groter is dan 100 KHz. Het uitzenden van het ultrasone geluid wordt bestuurd door de signaalverwerkingsmiddelen 22 en wel dusdanig dat in dit voorbeeld de ultrasone zend- en ontvangelementen 16.i tegelijk uitzenden met een 10 pulshertekensfrequentie die bijvoorbeeld groter is dan 25 Hz.. Het ultrasone geluid zal door het materiaal van het voorwerp 1 propageren en er zal reflectie en/of diffractie optreden wanneer het geluid een overgang in het materiaal (zoals wanden en/of lasfouten) passeert of treft. Een dergelijke reflectie en/of diffractie kan worden opgevat als een nieuwe virtuele bron 15 waarvan de geluidsenergie ook weer door het materiaal propageert. Met de eendimensionale array van ultrasone zend- en ontvangelementen 16.i wordt het ultrasone geluid dat afkomstig is van de "nieuwe virtuele bronnen" weer ontvangen. Elke virtuele bron bestaat uit een verzameling van puntbronnen waarvan de posities kunnen worden bepaald. Hiermee 20 kan dan tevens de positie, grootte en vorm van de betreffende virtuele bron worden bepaald. Aldus genereert elke ultrasone ontvanger 16.i een ontvangstsignaal dat aan de signaalverwerkingsmiddelen 22 wordt toegevoerd. De ontvangen ultrasone signalen worden gedurende een bepaalde periode geregistreerd. Deze periode is bijvoorbeeld dusdanig 25 gekozen dat een virtuele bron die zich in het inwendige materiaal 12 op

maximale afstand van de ultrasone zend- en ontvangelementen 16.i bevindt, toch kan worden ontvangen alvorens een volgende ultrasone geluidspuls aan het inwendige materiaal van het voorwerp wordt toegevoerd. Dit kan bijvoorbeeld een defect in de las 6 zijn dat zich nabij het 5 binnennoppervlak 10 van de pijpleidingen 2,4 bevindt. Ook kan het een defect zijn dat zich tussen de las en één van de pijpleidingen nabij het binnennoppervlak 10 bevindt. Het ultrasone geluid moet dan immers eerst vanaf de ultrasone zend- en ontvangelementen 16.i naar de betreffende fout 10 propageren en vervolgens terug propageren van de fout naar de ultrasone zend- en ontvangelementen 16.i door diffractie en/of reflectie van het geluid ten gevolge van de fout.

De ultrasone ontvangers 16.i worden voorts in de richting van de pijl 26 met behulp van de middelen 24 in radiale richting verplaats. De snelheid van de verplaatsing kan bijvoorbeeld dusdanig zijn dat de lineaire 15 array over een afstand wordt bewogen tussen het uitzenden van twee ultrasone pulsen die gelijk is aan de afstand tussen naburige ultrasone ontvangers van de lineaire array. Andere, bijvoorbeeld kleinere afstanden zijn echter ook mogelijk. Te denken valt aan een afstand van enkele millimeters waarbij de afstand tussen naburige ontvangers van de array 20 enkele centimeters bedraagt. Eén en ander brengt met zich dat in dit voorbeeld wanneer de lineaire array over een afstand d is verplaatst opnieuw een puls van ultrasoon geluid aan het inwendige van het lichaam van het voorwerp 1 wordt toegevoerd. Geheel analoog wordt met behulp van elk van de ultrasone ontvangers 16.i een ontvangstsignaal gegenereerd dat 25 aan de signaalverwerkingsmiddelen 22 wordt toegevoerd. De ultrasone tasters zijn dus akoestisch gekoppeld met het buitenoppervlak van het voorwerp op posities die, in dit voorbeeld op verschillende tijdstippen, in twee dimensies van het oppervlak van het voorwerp verspreid liggen voor het genereren van de ontvangstsignalen. Dat de betreffende posities in dit 30 voorbeeld op verschillende tijdstippen en niet op een (1) tijdstip in twee

dimensies van het oppervlak van het voorwerp verspreid liggen, komt enerzijds doordat de ontvangers 16.i volgens een eendimensionale array ten opzichte van elkaar zijn gerangschikt en anderzijds doordat de ontvangers worden verplaatst zoals hiervoor besproken. Zouden de ontvangers 16.i niet worden verplaatst dan zouden de betreffende posities niet alleen op een 5 tijdstip maar ook op verschillende tijdstippen in een (1) dimensie van het oppervlak verspreid liggen.

De ontvangstsignalen die afkomstig zijn van de ontvangers die in twee dimensies van het vlak verspreid liggen worden in combinatie 10 verwerkt om volgens het principe van de inverse golfveldextrapolaratie te bepalen waar in het inwendige materiaal 12 van het voorwerp 1 reflecties en/of diffracties van het ultrasoon geluid optreden. Het resultaat geeft de positie van de eerder genoemde virtuele bronnen. In geval dat op deze wijze een las van een pijpleiding wordt onderzocht kan informatie worden 15 verkregen over de positie, vorm en grootte van een eventueel defect. Een defect vormt immers een virtuele bron en daarmee een verzameling van virtuele puntbronnen waarvan de posities door de positie, vorm en grootte van het defect zijn bepaald. De genoemde informatie vormt in feite dus een driedimensionale afbeelding van het onderzochte materiaal. Ook kan 20 informatie worden verkregen over de aard van het defect. Zo kan bijvoorbeeld bij een las van een leiding die een holte en daarmee een defect omvat worden bepaald of de holte is gevuld met lucht, vloeistof of koper.

Op basis van de ontvangstsignalen kan de tijd wiskundig gezien 25 worden omgekeerd of geïnverteerd. Het gedetecteerde golfveld wordt met de golftheorie teruggevolgd naar de positie waar het vandaan kwam, namelijk de positie van de virtuele bronnen. Deze virtuele bronnen kunnen in dit voorbeeld bijvoorbeeld lasdefecten zijn. De golftheorie houdt rekening met zowel de amplitude als de looptijd van het signaal. Het proces van het terugvolgen van het gemeten golfveld heet de op zich bekende inverse 30 golfveldextrapolaratie.

Indien slechts de signalen van de eendimensionale array van ontvangers zouden worden verwerkt wanneer de ontvangers zich op één enkele positie bevinden, zou een redelijke resolutie in axiale richting kunnen worden verkregen. De eendimensionale array werkt in axiale

5 richting in feite als een lens die in axiale richting een "scherpe" afbeelding maakt. In radiale richting is de resolutie echter relatief slecht. Door nu ook ontvangsignalen te verwerken van in radiale richting ten opzichte van elkaar verschoven ultrasone ontvangers kan de resolutie in radiale richting worden verbeterd. Ook in die richting is er dan de "werking van een lens".

10 Het gevolg is dat met de signaalverwerkingsmiddelen 22 grootte, positie en zelfs de vorm van een virtuele bron en daarmee de grootte, positie, vorm en aard van bijvoorbeeld defecten in de las van het voorwerp 1 kunnen worden gedetecteerd. Meer in het algemeen kan de positie, vorm, grootte en aard van "onregelmatigheden" in het inwendig materiaal worden bepaald.

15 Indien het de bedoeling is om bijvoorbeeld een ruimte 28 die een deel van het inwendige materiaal 12 omvat en in feite een deelruimte vormt van het voorwerp 1 te analyseren, wordt het ultrasone geluid dusdanig aan het voorwerp toegevoerd dat deze ruimte bij voorkeur volledig wordt gevuld met ultrasoon geluid. Tevens wordt de lineaire array bijvoorbeeld over een

20 axiale hoek α (zie figuur 1b) langs het buitenoppervlak van de pijpleidingen bewogen tijdens het uitzenden van het gepulste ultrasone geluid. Wanneer de ontvangsignalen van de eendimensionale array, die zijn gegenereerd tijdens het over de hoek α bewegen van de eendimensionale array, in combinatie worden verwerkt kan aldus het inwendige materiaal van de

25 ruimte 28 goed worden onderzocht. Het is hierbij niet noodzakelijk dat de eendimensionale array over een hoek van 360 graden rondom de pijpleidingen 2,6 wordt bewogen. Omdat in dit voorbeeld ontvangsignalen in combinatie worden verwerkt die behoren bij op verschillende momenten uitgezonden ultrasone signalen is sprake van het in combinatie verwerken

30 van verschillende fysische experimenten.

In dit voorbeeld worden de ontvangstsignalen real-time verwerkt.

Het verwerken van de ontvangstsignalen wordt dusdanig uitgevoerd dat het resultaat van de bewerking op een display kan worden afgebeeld. De inrichting is hiertoe in dit voorbeeld voorzien van een display 28. Nu de 5 positie, grootte, vorm en aard van elke virtuele bron bekend is, kan de verkregen informatie over de virtuele bronnen op diverse wijzen worden afgebeeld op het display. Zo kan een, in perspectief, driedimensionale afbeelding van het inwendige materiaal worden gemaakt. Hierbij wordt dan als het ware van buiten af door het voorwerp heen gekeken. Het is echter 10 eveneens mogelijk om het gezichtspunt van waar het materiaal wordt afgebeeld, binnen in het materiaal te leggen. Het gezichtspunt en de gezichtsrichting kunnen dan door een operator worden gekozen bijvoorbeeld met behulp van een joystick. Men reist dan als het ware al rondkijkend door het materiaal. Dergelijke varianten worden elk geacht binnen het kader van 15 de uitvinding te vallen. De ontvangstsignalen kunnen echter ook worden opgeslagen om later te worden verwerkt.

Volgens een alternatieve uitvoeringsvorm van de uitvinding geldt dat de ultrasone tasters volgens een tweedimensionale array ten opzichte van elkaar zijn gerangschikt. Eén en ander is getoond in figuur 2a en 2b. De 20 inrichting volgens figuur 2a en 2b is voorzien van een tweedimensionale array van ultrasone ontvangers 16.i.j. ($i=1,2,3,\dots,n$; $j=1,2,\dots,m$). Hierbij geldt dat n en m groter of gelijk aan twee zijn. Doordat thans een tweedimensionale array van ultrasone ontvangers aanwezig is die in dit 25 geval op één en hetzelfde tijdstip in twee dimensies van het het buitenoppervlak van het voorwerp verspreid liggen, behoeven de ultrasone ontvangers thans niet langs het oppervlak te worden bewogen voor het verkrijgen van ontvangstsignalen die in combinatie kunnen worden verwerkt volgens het principe van inverse golfveldextrapolatie zoals hiervoor besproken. In dit voorbeeld is elke ultrasone ontvanger 16.i.j. tevens 30 uitgevoerd als een ultrasone zender 16.i.j. Geheel analoog zoals besproken

bij figuur 1 genereren alle zenders bijvoorbeeld tegelijkertijd (in fase) een gepulst ultrasoon signaal. Men spreekt dan van een (1) fysisch experiment. Van elke puls worden diffracties en/of reflecties van het ultrasone signaal aan overgangen in het materiaal gemeten met behulp van de ultrasone

5 ontvanger 16.i.j. waarbij elke ultrasone ontvanger 16.i.j. een ontvangstsignaal genereert dat aan de signaalverwerkingsmiddelen wordt toegevoerd voor het volgens het principe van inverse golfveldextrapolatie bepalen waar in het inwendige van het materiaal reflecties en/of diffracties van het ultrasone geluid optreden. Deze reflecties en/of diffracties kunnen, zoals gezegd,

10 worden veroorzaakt door overgangen in structuur of dichtheid in het inwendige materiaal 12. In het geval van metalen pijpleidingen kan het gaan om overgangen tussen verschillende roosterstructuren van het materiaal, overgang tussen verschillende soorten materiaal en bij de las 12 om defecten van de las. Een defect kan bijvoorbeeld een ruimte tussen las en

15 pijpleiding omvatten die niet gevuld is met lasmateriaal en derhalve een overgang in het inwendige van het materiaal vormt dat aanleiding zal geven voor diffractie en/of reflectie van het ultrasone geluid. Deze "holle ruimte" in het materiaal zal zich dan gaan gedragen als een virtuele bron zoals hiervoor besproken.

20 Bij de inrichting volgens figuur 2a is het voor het onderzoeken van bijvoorbeeld een ruimte 28 niet nodig dat de tweedimensionale array van ontvangers 16.i.j. zich langs het buitenoppervlak bewegen. Wil men bijvoorbeeld naast het gebied 28 ook het gebied 30 onderzoeken, dan kan desgewenst de tweedimensionale array naar het gebied 30 worden toe

25 bewogen. Het is dus niet nodig in het geval dat een tweedimensionale array wordt toegepast bij een pijpleiding om de gehele pijpleiding te omringen met behulp van ultrasone ontvangers 16i.j. Er kan bijvoorbeeld worden volstaan met het verspreid over een radiale hoek die kleiner is dan 360 graden, bij voorkeur van rond de 180 graden aanbrengen van ultrasone ontvangers. Dit

30 sluit uiteraard niet uit dat de ultrasone ontvangers over een radiale hoek

van 360 graden rondom de pijpleiding en de las worden aangebracht. In dat geval kan de gehele rondlopende las in één keer worden onderzocht.

In figuur 3 wordt een alternatieve uitvoeringsvorm getoond van een systeem volgens de uitvinding voor het uitvoeren van een werkwijze 5 volgens de uitvinding. Hierbij zijn met figuur 1 en 2 overeenkomende onderdelen van dezelfde referentienummers voorzien. Het voorwerp dat in figuur 3a wordt onderzocht betreft een menselijk lichaam 1. Ook bij de inrichting volgens figuur 3a geldt dat de ultrasone ontvangers 16.i.j. tevens elk kunnen fungeren als een ultrasone zender 16.i.j. De ultrasone zend- en 10 ontvangelementen 16.i.j. zijn in dit voorbeeld in rijen en kolommen gelegen en in een althans nagenoeg plat vlak 30 ten opzichte van elkaar gerangschikt. Geheel analoog zoals hiervoor besproken wordt met behulp van elk van de ultrasone zenders 16.i.j. tegelijkertijd (in fase) een gepulst ultrasoon signaal uitgezonden dat door het inwendige materiaal 1 van het 15 lichaam propageert. Nadat het geluid is uitgezonden, worden reflecties en/of diffracties van het ultrasone geluid aan het interne materiaal met behulp van de ultrasone ontvangers 16.i.j. ontvangen. Elk van de met behulp van de ultrasone ontvangers 16.i.j. gegenereerde ontvangstsignalen worden aan de signaalverwerkingsmiddelen 22 toegevoerd waarbij met behulp van inverse 20 golfveldextrapolatie de positie van de virtuele (punt)bronnen in het materiaal kan worden berekend zodat op basis van deze gegevens een driedimensionaal beeld kan worden gevormd van het inwendig materiaal van het lichaam 1. Indien het gewenst is, zoals in figuur 3a getoond, met name een ruimte 32 van het inwendig materiaal te onderzoeken, wordt 25 ervoor gezorgd dat juist deze ruimte van het gepulste ultrasone geluid wordt voorzien. Hierbij kan in het voorbeeld van figuur 3a de fase waarmee de ultrasone zenders 16.i.j. worden aangestuurd gelijk worden gekozen. Het geluid zal zich dan binnen de in figuur 3a getoonde in hoofdzaak kegelvormig oppervlak 34 voortplanten en daarmee de ruimte 32 voldoende 30 vullen om het materiaal 12 binnen de ruimte 32 te onderzoeken. Op deze

wijze kan overigens een veel groter gebied dan het gebied 32 worden onderzocht. Wanneer het echter slechts de bedoeling is om het gebied 32 te onderzoeken kan ervoor worden gekozen om de onderlinge fases van de ultrasone zenders 16.i.j. dusdanig te kiezen dat het ultrasone geluid zich 5 juist naar het gebied 32 voortplant. Dit is aangegeven met het kegeloppervlak dat het referentienummer 36 draagt. Het gevolg is dat de ruimte 32 wordt gevuld met ultrasoon geluid dat een hogere energiedichtheid heeft dan wanneer de ultrasone zenders allemaal met een gelijke fase worden aangestuurd. Er wordt met behulp van de ultrasone 10 zenders als het ware een ultrasone geluids bundel opgewekt die specifiek gericht is naar (en convergeert in de richting van) de ruimte 32 waarvan het de wens is dat deze wordt onderzocht. Geheel analoog zoals hiervoor beschreven kunnen vervolgens met behulp van de ultrasone ontvangers 16.i.j. reflecties en/of diffracties van het uitgezonden ultrasone geluid worden 15 ontvangen waarbij vervolgens met behulp van de inverse golfveldextrapolatie kan worden bepaald waar de virtuele bronnen zijn gelegen die de betreffende reflecties of diffracties hebben veroorzaakt. Aldus kan door variatie van de onderlinge fases van de ultrasone zenders de ultrasone bundel 36 achtereenvolgens in verschillende richtingen worden 20 gericht voor het onderzoeken van van elkaar verschillende ruimtes 32 van het inwendige materiaal van het lichaam 18. Zo kan aldus de grotere ruimte 36 worden gescand met behulp van de bundel 36. De bij een bepaalde richting van een bundel behorende ontvangstsignalen kunnen vervolgens weer op basis van de inverse golfveldextrapolatie worden verwerkt zoals 25 hiervoor omschreven. Ook kan de bundel aldus naar keuze convergeren of divergeren of juist niet convergeren of divergeren. Het is hierbij voorts mogelijk om de ontvangstsignalen van verschillende bundels te verwerken volgens de inverse golfveldextrapolatie. Er kan dan per bundel een inverse golfveldextrapolatie worden uitgevoerd waarna vervolgens de aldus 30 verkregen resultaten per bundel in combinatie met elkaar worden verwerkt

voor het verhogen van de nauwkeurigheid. Immers, indien de opeenvolgende bundels elkaar gedeeltelijk overlappen, zullen dezelfde virtuele bronnen in twee of meer bundels moeten worden teruggevonden.

Het is ook mogelijk om ontvangstsignalen van verschillend gerichte bundels

5 afkomstig van zenders op dezelfde positie in combinatie te verwerken volgens het principe van inverse golfextrapolatie. Er worden dan verschillende fysische experimenten gecombineerd. Daarnaast kan een groter gebied worden onderzocht wanneer de bundels een van elkaar verschillende richting hebben dan wanneer met één enkele bundel zou

10 kunnen worden onderzocht. Juist op die posities waar de bundels elkaar niet overlappen, wordt dan een gebied bestreken dat door telkens één van de bundels niet kan worden bestreken.

Er geldt hierbij dus dat het ultrasone geluid dusdanig aan het voorwerp wordt toegevoerd dat een ruimte die het te onderzoeken inwendige

15 materiaal omvat wordt gescand met een ultrasone bundel waarbij de ontvangstsignalen van reflecties van het ultrasone geluid uit de volledig gescande ruimte worden verwerkt om volgens het principe van inverse

golfextrapolatie te bepalen waar in het inwendige materiaal van het voorwerp reflecties van het ultrasoon geluid optreedt. Hierbij wordt in dit

20 voorbeeld de bij een bepaalde bundelrichting behorende responsie gebruikt voor het op basis van de inverse golfveldextrapolatie terugvolgen van het gemeten golfveld naar de eerder genoemde positie van de virtuele bronnen.

Per bundelrichting wordt aldus van een gedeelte van de ruimte de positie van de virtuele bronnen bepaald. Vervolgens kunnen de resultaten van de

25 posities van virtuele bronnen die zijn bepaald voor andere gedeeltes van de ruimte op basis van een andere richting van de bundel, eveneens worden bepaald teneinde de positie van de virtuele bronnen van de volledige ruimte in kaart te brengen.

Het is geenszins nodig dat de ultrasone ontvangers 16.i.j. elk

30 tevens als een ultrasone zender zijn uitgevoerd. In het voorbeeld van figuur

3a kunnen bijvoorbeeld de ultrasone ontvangers 16.i.j. alleen als een ultrasone ontvanger zijn uitgevoerd. De inrichting kan dan voorts zijn voorzien van ten minste één ultrasone zender 40. In dit voorbeeld is het lichaam 1 tussen de ultrasone ontvangers 16.i.j. enerzijds en de zender 40 5 anderzijds opgenomen. Geheel analoog zoals hiervoor besproken wordt met behulp van de zender 40 gepulst ultrasoon geluid aan het lichaam 1 toegevoerd. Het ultrasone geluid zal door het inwendige materiaal propageren en er zal diffractie en/of reflectie optreden wanneer het ultrasone geluid een overgang in het materiaal passeert of treft. Wederom 10 kan deze diffractie en/of reflectie worden opgevat als een nieuwe virtuele bron waarvan de geluidsenergie ook weer door het materiaal propageert. Met behulp van de ultrasone ontvangers 16.i.j. wordt de geluidsenergie van deze nieuwe virtuele bronnen ontvangen. De ontvangen energie wordt gedurende een bepaalde periode geregistreerd met behulp van de ultrasone 15 ontvangers 16.i.j. Elk van deze ontvangers ontvangt zo mogelijk een responsie. Geheel analoog zoals hiervoor besproken kan het gedetecteerde golfveld op basis van de golftheorie worden teruggevolgd naar de positie waar het vandaan kwam, namelijk de positie van de genoemde virtuele bronnen. Dit proces van het terugvolgen van het gemeten golfveld, de 20 genoemde inverse golfveldextrapolatie, geeft wederom als resultaat de positie, grootte, vorm en aard van de virtuele bronnen. Eén en ander kan vervolgens worden afgebeeld zoals hiervoor besproken. Indien gebruik wordt gemaakt van de zender 40 gaat het in feite om een transmissiesysteem.

In dit voorbeeld is dus sprake van één separate zender 40. De 25 zender 40 kan uiteraard worden vervangen door een veelvoud van zenders 40 die bijvoorbeeld volgens het patroon van de ontvangers 16.i.j. ten opzichte van elkaar zijn opgesteld. Deze ultrasone zenders kunnen zich aan een bovenzijde 42 of een onderzijde 44 van het lichaam 1 bevinden. Ook dan is het mogelijk om het ultrasone geluid dat door de zenders wordt 30 uitgezonden naar keuze te concentreren in de ruimte 32 of in de grotere

ruimte 36 één en ander afhankelijk van de richting en vorm van de bundel van het ultrasone geluid dat met behulp van de ultrasone zenders 40 wordt gegenereerd. Dergelijke varianten worden elk geacht binnen het kader van de uitvinding te vallen.

5 Ook is het bijvoorbeeld bij de inrichting volgens figuur 1 mogelijk om de zenders 16.i niet te gelijkertijd maar op een volgend in de tijd te activeren. Indien met de zender 16.i ultrasoon geluid wordt uitgezonden wordt vervolgens met behulp van de bijbehorende ontvanger 16.i genoemde reflecties en/of diffracties ontvangen. Dit experiment wordt herhaald

10 uitgevoerd voor alle zend- en ontvangelementen 16.i ($i=1,2,3,\dots,n$). Tevens worden de zend- en ontvangelementen in de genoemde radiale richting verplaatst zodat op verschillende tijdstippen de zend- en ontvangelementen in twee dimensies van het buitenoppervlak verspreid liggen en zodat ontvangsignalen worden verkregen behorende bij ontvangelementen die in

15 twee dimensies van het buitenoppervlak verspreid liggen. Deze ontvangsignalen kunnen weer in combinatie worden verwerkt volgens het principe van inverse golfveldextrapolatie.

Geheel analoog als hiervoor besproken kunnen ook de zenders 16.i.j. achtereenvolgens worden geactiveerd. Indien met de zender 16.i.j ultrasoon geluid wordt uitgezonden wordt vervolgens bijvoorbeeld met behulp van de bijbehorende ontvanger 16.i.j genoemde reflecties en/of diffracties ontvangen. Dit experiment wordt herhaald uitgevoerd voor alle zend- en ontvangelementen 16.i.j ($i=1,2,3,\dots,n; j=1,2,3,\dots,m$). Aldus worden ontvangsignalen verkregen behorende bij ontvangelementen die in twee dimensies van het buitenoppervlak verspreid liggen. Deze ontvangsignalen kunnen weer in combinatie worden verwerkt volgens het principe van inverse golfveldextrapolatie. Volgens deze methode worden echter $n*m$ fysische experimenten uitgevoerd. Bij de aan de hand van figuur 2 beschreven methode waarbij alle zenders tegelijk werden geactiveerd ging het echter slechts om een fysisch experiment. Dit geldt eveneens bij de

methode van figuur 3 waarbij slechts gebruikt wordt gemaakt van een enkele zender 40. De uitvinding is derhalve niet beperkt tot het op een bepaalde wijze toevoeren van ultrasoon geluid aan het inwendige materiaal. Belangrijk is dat ontvangstsignalen worden verkregen behorende bij

5 ontvangers die, eventueel op verschillende tijdstippen, in twee dimensies van het buitenoppervlak van het voorwerp verspreid liggen. De aldus verkregen ontvangstsignalen worden vervolgens in combinatie verwerkt volgens het principe van inverse golfveldextrapolatie.

Opgemerkt wordt dat voor elk van de hiervoor geschatste
 10 uitvoeringsvormen geldt dat naar keuze het geluid wordt uitgezonden in de vorm van transversale golven en/of compressiegolven. In geval dat het te onderzoeken voorwerp een metalen voorwerp is, zal in het algemeen hetzij transversale golven hetzij compressiegolven worden toegepast. In geval dat het voorwerp een menselijk lichaam is, zal bij voorkeur alleen gebruik
 15 worden gemaakt van compressiegolven omdat juist compressiegolven zich gezien de eigenschappen van het menselijk lichaam goed in het lichaam kunnen voortplanten.

Het aantal ultrasone ontvangers n dat bij de inrichting volgens figuur 1a wordt toegepast kan variëren. Praktische waarde is bijvoorbeeld
 20 64, andere waarden zijn echter eveneens mogelijk. Bij de inrichting volgens figuur 2 en 3 kunnen n en m bijvoorbeeld elk ook de waarde van 64 aannemen. Andere aantallen zijn echter eveneens mogelijk. Ook bij de inrichting volgens figuren 1a, 1b, 2a, 2b zullen in het algemeen de zenders 16.i; 16i.j. in fase worden aangestuurd. Het is echter ook mogelijk om op, op 25 zich bekende wijze zoals in relatie met figuur 3 is besproken, de fase van de zenders onderling te variëren voor het genereren van een bundel ultrasoon geluid waarvan de richting en vorm (divergeren, convergeren of juist niet divergeren of convergeren) kunnen worden ingesteld door genoemde fase variaties. De pulshertalsfrequentie waarmee het ultrasone geluid wordt
 30 uitgezonden kan bijvoorbeeld groter zijn dan 25 Hz. . Het is eveneens

mogelijk dat de frequentie (dat wil zeggen de golflengte) van het ultrasone geluid bijvoorbeeld volgens de vorm van een zaagtand wordt gezwiept tussen een lage en een hoge frequentie waarbij niet het tijdstip waarop een signaal afkomstig van een virtuele bron bepalend is voor de plaats van de 5 virtuele bron zoals dit bij een gepulst uitgezonden ultrasone geluidsgolf het geval is, maar de grootte van de ontvangen frequentie. Dergelijke varianten worden elk geacht binnen het kader van de uitvinding te vallen.

5. Werkwijze volgens één der voorgaande conclusies 1-3, met het kenmerk, dat het ultrasone geluid dusdanig aan het voorwerp wordt toegevoerd dat een ruimte die het te onderzoeken inwendige materiaal omvat wordt gescand met een ultrasone geluids bundel waarbij de ontvangsignalen van reflecties en/of diffracties van het ultrasone geluid uit de volledig gescande ruimte worden verwerkt om volgens het principe van inverse golfextrapolatie te bepalen waar in het inwendige materiaal van het voorwerp reflecties van het ultrasoon geluid optreedt.

6. Werkwijze volgens één der voorgaande conclusies, met het kenmerk, dat volgens het principe van inverse golfextrapolatie wordt bepaald in welke richting genoemde reflecties en/of diffracties optreden.

7. Werkwijze volgens één der voorgaande conclusies, met het kenmerk, dat het ultrasone geluid gepulst aan het voorwerp wordt toegevoerd.

15 8. Werkwijze volgens één der voorgaande conclusies, met het kenmerk, dat het ultrasone geluid met behulp van ultrasone tasters aan het voorwerp wordt toegevoerd welke ultrasone tasters ook de ultrasone ontvangers vormen voor het ontvangen van de reflecties en/of diffracties.

9. Werkwijze volgens één der conclusies 1-7, met het kenmerk, dat het ultrasone geluid met behulp van tenminste een ultrasone zender aan het voorwerp wordt toegevoerd welke ultrasone zender verschilt van de ultrasone ontvangers.

20 10. Werkwijze volgens één der voorgaande conclusies, met het kenmerk, dat de tenminste ene ultrasone zender en de ultrasone ontvangers dusdanig ten opzichte van elkaar staan opgesteld dat tevens een transmissie van het ultrasone geluid door het inwendige van het voorwerp wordt gemeten.

25 11. Werkwijze volgens één der voorgaande conclusies, met het kenmerk, dat de ontvangsignalen real-time worden verwerkt.

CONCLUSIES

1. Werkwijze voor het vanaf een oppervlak van een voorwerp zoals een pijpleiding of een menselijk lichaam onderzoeken van het inwendige materiaal van het voorwerp met behulp van ultrasoon geluid met een frequentie van tenminste 100 KHz, waarbij het ultrasoon geluid aan het inwendige materiaal van het voorwerp wordt toegevoerd, met het kenmerk, dat reflecties en/of diffracties van het ultrasoon geluid vanuit het inwendige materiaal van het voorwerp worden ontvangen met behulp van ultrasone ontvangers die akoestisch met het oppervlak van het voorwerp zijn gekoppeld op posities die, eventueel op verschillende tijdstippen, in twee dimensies van het oppervlak van het voorwerp verspreid liggen, waarbij met elk van de tasters een ontvangstsignaal wordt gegenereerd waarbij de ontvangstsignalen in combinatie worden verwerkt om volgens het principe van inverse golfextrapolatie te bepalen waar in het inwendige materiaal van het voorwerp reflecties en/of diffracties van het ultrasoon geluid optreden.
- 15 2. Werkwijze volgens conclusie 1, met het kenmerk, dat de ultrasone ontvangers volgens een eendimensionale array ten opzichte van elkaar zijn gerangschikt waarbij de eendimensionale array op bekende wijze langs het oppervlak wordt verplaatst voor het verkrijgen van ontvangstsignalen die afkomstig zijn van de ultrasone ontvangers die in twee dimensies over het oppervlak verspreid liggen.
- 20 3. Werkwijze volgens conclusie 1, met het kenmerk, dat de ultrasone tasters volgens een tweedimensionale array ten opzichte van elkaar zijn gerangschikt.
- 25 4. Werkwijze volgens één der voorgaande conclusies, met het kenmerk, dat het ultrasone geluid dusdanig aan het voorwerp wordt toegevoerd dat een ruimte die het te onderzoeken inwendige materiaal omvat volledig wordt gevuld met het ultrasone geluid.

12. Werkwijze volgens één der voorgaande conclusies, met het kenmerk, dat het verwerken van de ontvangstsignalen dusdanig wordt uitgevoerd dat het resultaat van de verwerking op een display kan worden afgebeeld.

5 13. Werkwijze volgens conclusie 12, met het kenmerk, dat op het display een driedimensionaal beeld van tenminste een deel van het inwendige materiaal van het voorwerp wordt afgebeeld.

14. Werkwijze volgens conclusie 4 of 5, met het kenmerk, dat op een display een driedimensionaal beeld van het materiaal in de ruimte wordt afgebeeld.

10 15. Werkwijze volgens één der voorgaande conclusies, met het kenmerk, dat een las van een pijpleiding wordt onderzocht.

16. Werkwijze volgens één der voorgaande conclusies, met het kenmerk, dat een wand van een pijpleiding wordt onderzocht.

15 17. Werkwijze volgens één der voorgaande conclusies, met het kenmerk, dat een menselijk lichaam wordt onderzocht.

18. Systeem voor het voor het vanaf een oppervlak van een voorwerp zoals een pijpleiding of een menselijk lichaam onderzoeken van het inwendige materiaal van het voorwerp met behulp van ultrasoon geluid met een frequentie van tenminste 100 KHz , waarbij het systeem is voorzien van tenminste een zender voor het toevoeren van het ultrasoon geluid aan het inwendige materiaal van het voorwerp, een veelvoud van ultrasone ontvangers voor het ontvangen van reflecties en/of diffracties van het ultrasoon geluid vanuit het inwendige materiaal van het voorwerp en

20 25 signaalverwerkingsmiddelen voor het verwerken van ontvangstsignalen die respectievelijk afkomstig zijn van de ultrasone ontvangers, met het kenmerk, dat het systeem dusdanig is ingericht dat, in gebruik, de ultrasone ontvangers akoestisch met het oppervlak van het voorwerp zijn gekoppeld op posities die , eventueel op verschillende tijdstippen, in twee dimensies

30 van het oppervlak van het voorwerp verspreid liggen , waarbij, in gebruik,

met elk van de ultrasone ontvangers een ontvangstsignaal wordt gegenereerd waarbij de signaalverwerkingsmiddelen zijn ingericht om de ontvangstsignalen die afkomstig zijn van de ultrasone ontvangers in combinatie te verwerken volgens het principe van inverse golfextrapolatie

5 ten einde te bepalen waar in het inwendige materiaal van het voorwerp reflecties en/of diffracties van het ultrasoon geluid optreden.

19. Systeem volgens conclusie 18, met het kenmerk, dat het ultrasone ontvangers volgens een ééndimensionale array ten opzichte van elkaar zijn gerangschikt waarbij het systeem is ingericht om, in gebruik, de

10 eändimensionale array langs het oppervlak te verplaatsen voor het verkrijgen van ontvangstsignalen die afkomstig zijn van de ultrasone ontvangers die in twee dimensies over het oppervlak verspreid liggen.

20. Systeem volgens conclusie 18, met het kenmerk, dat de ultrasone tasters volgens een tweedimensionale array ten opzichte van elkaar zijn gerangschikt.

15 21. Systeem volgens één der voorgaande conclusies 18-20, met het kenmerk, dat het systeem is ingericht om, in gebruik, het ultrasone geluid dusdanig aan het voorwerp toe te voeren dat een ruimte die het te onderzoeken inwendige materiaal omvat volledig wordt gevuld met het

20 ultrasone geluid.

22. Systeem volgens één der voorgaande conclusies 18-20, met het kenmerk, dat het systeem is ingericht om, in gebruik, het ultrasone geluid dusdanig aan het voorwerp toe te voeren dat een ruimte die het te onderzoeken inwendige materiaal omvat wordt gescand met een ultrasone

25 geluidsbundel waarbij de ontvangstsignalen van reflecties en/of diffracties van het ultrasone geluid uit de volledig gescande ruimte worden verwerkt om volgens het principe van inverse golfextrapolatie te bepalen waar in het inwendige materiaal van het voorwerp reflecties en/of diffracties van het ultrasoon geluid optreedt.

23. Systeem volgens één der voorgaande conclusies 18-22, met het kenmerk, dat de signaalverwerkingsmiddelen zijn ingericht om volgens het principe van inverse golfextrapolatie te bepalen in welke richting genoemde reflecties en/of diffracties optreden.

5 24. Systeem volgens één der voorgaande conclusies 18-23, met het kenmerk, dat het systeem is ingericht om het ultrasone geluid gepulst aan de het voorwerp toe te voeren.

25. Systeem volgens één der voorgaande conclusies 18-24, met het kenmerk, dat het systeem is voorzien van ultrasone tasters die elk kunnen 10 fungeren als de tenminste ene zender als ook als een van de ontvangers.

26. Systeem volgens één der conclusies 18-24, met het kenmerk, dat de tenminste ene zender enerzijds en de ontvangers anderzijds in van elkaar verschillende behuizingen zijn ondergebracht.

27. Systeem volgens één der voorgaande conclusies 18-26 met het 15 kenmerk, dat de ultrasone zender en de ultrasone ontvangers dusdanig ten opzichte van elkaar staan opgesteld dat, in gebruik, ook de transmissie van het ultrasone geluid door het inwendige van het voorwerp wordt gemeten.

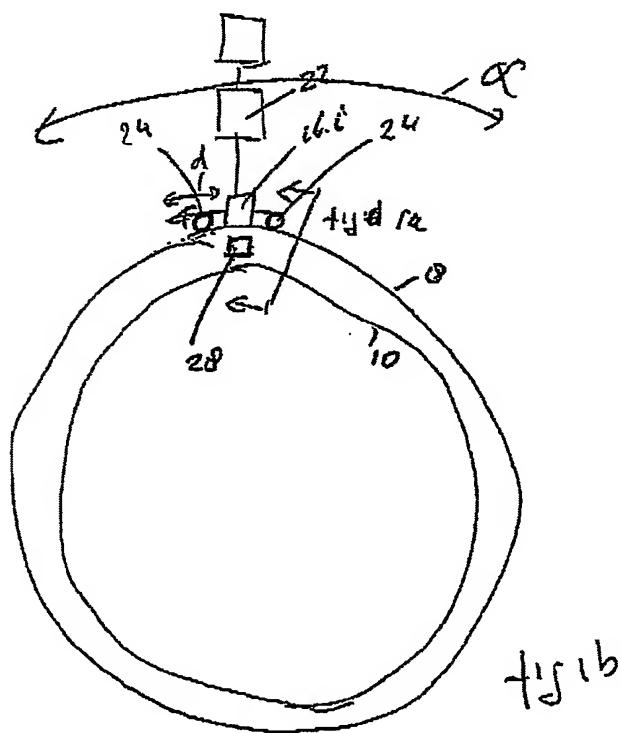
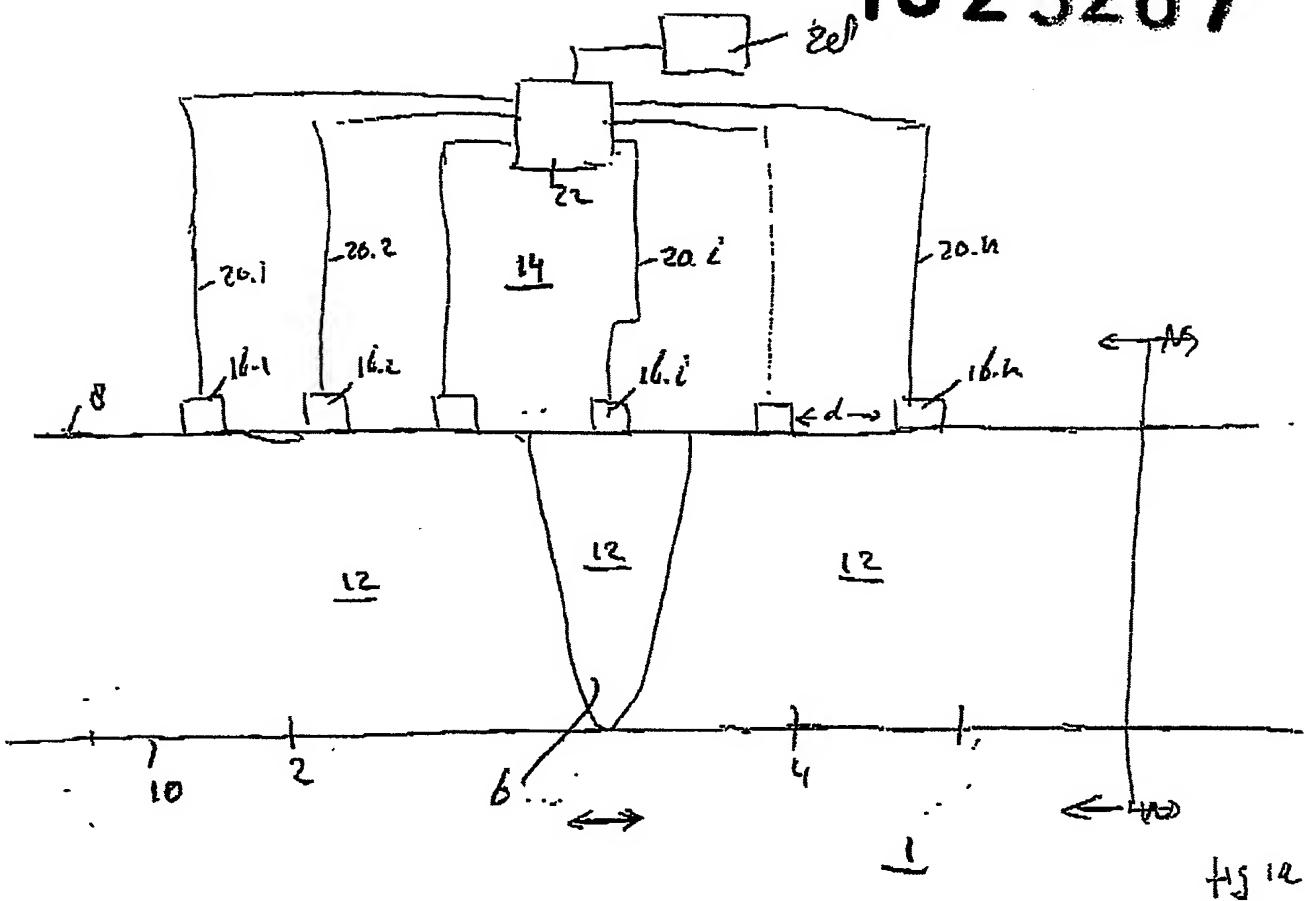
28. Systeem volgens één der voorgaande conclusies 18-27, met het kenmerk, dat het systeem is ingericht om met de 20 signaalverwerkingsmiddelen de ontvangstsignalen real-time te verwerken.

29. Systeem volgens één der voorgaande conclusies 18-28, met het kenmerk, dat het systeem verder is voorzien van een display voor het afbeelden van het resultaat van de door de signaalverwerkingsmiddel verwerkte ontvangstsignalen.

25 30. Systeem volgens conclusie 29, met het kenmerk, dat het systeem is ingericht om op het display een driedimensionaal beeld van tenminste een deel van het inwendige materiaal van het voorwerp af te beelden.

31. Werkwijze volgens conclusie 21 of 22, met het kenmerk, dat het systeem is ingericht om op een display een driedimensionaal beeld van het 30 materiaal in de ruimte af te beelden.

1025267



$g^{\pi(3)}$

1025267

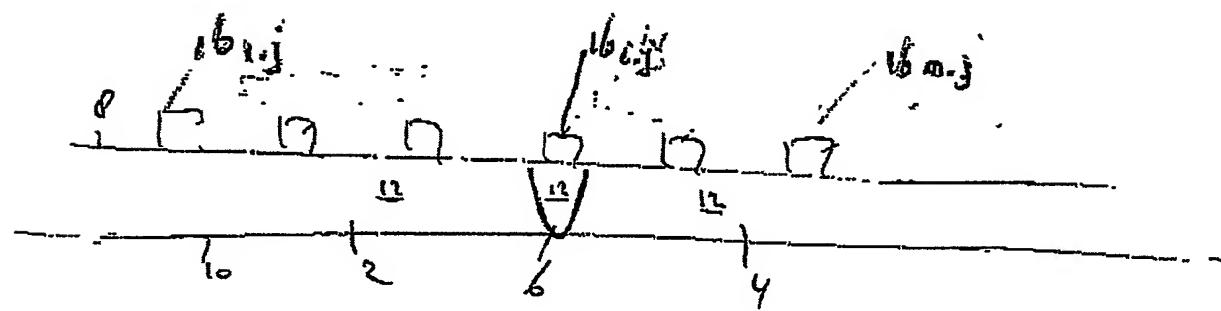
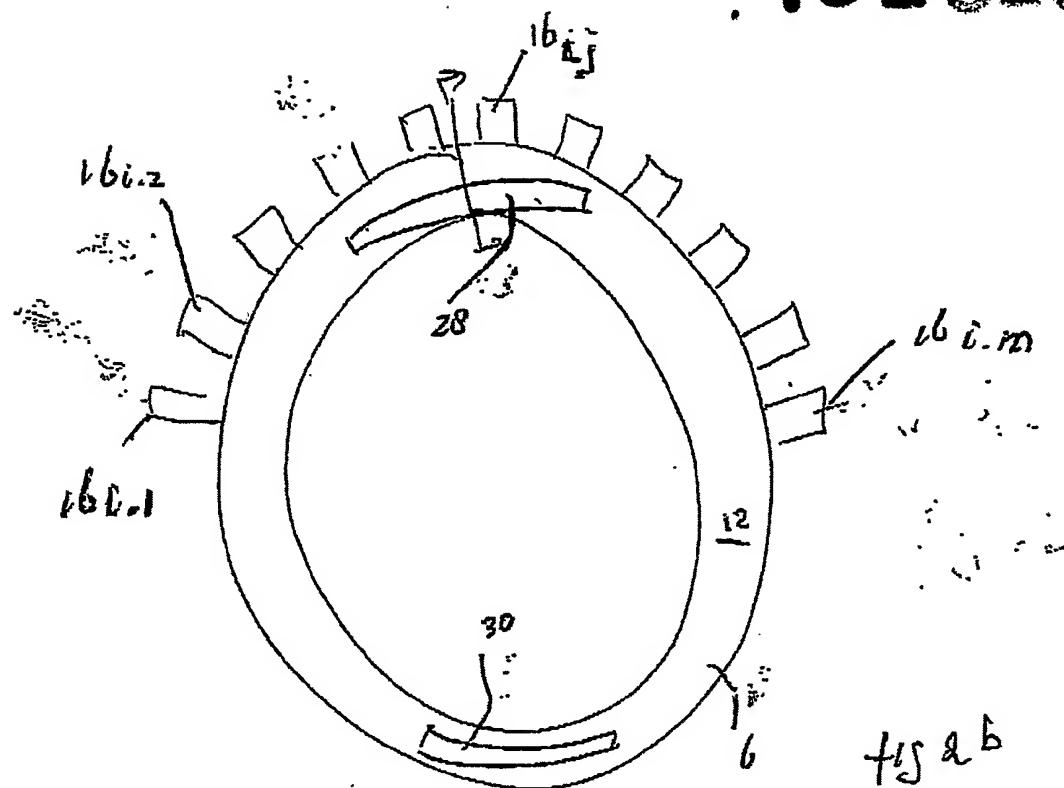
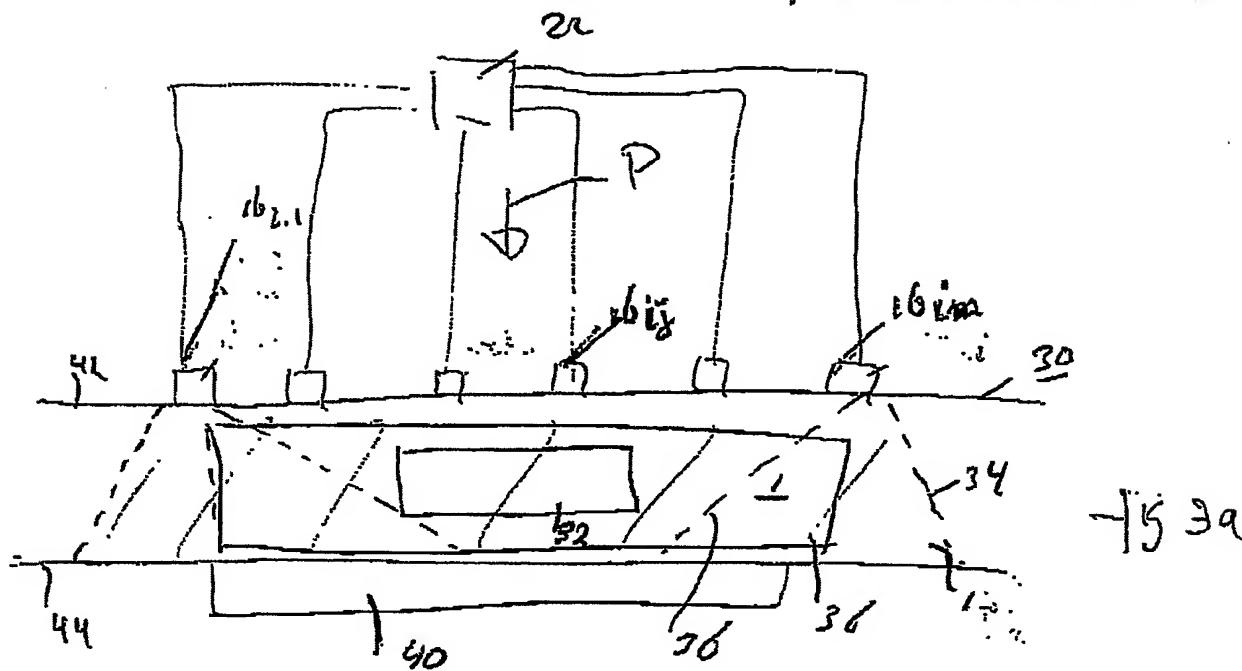


fig 2 a

1025267



B⁶ 1.1 □ F⁶ 1.5 □ F⁶ 1.4 □

□ □ □ □ □ 36

fcg 36